

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

ANNÉE 1934

THÈSE

91-
N°

POUR

LE DOCTORAT EN MÉDECINE

(Diplôme d'État)

PAR

Henri FRAPPIER

Externs des Hôpitaux de Nantes

Né à Luçon (Vendée), le 29 Mars 1903

ESSAI D'ÉLECTRO-DIAGNOSTIC
PAR L'EMPLOI DES
COURANTS ALTERNATIFS A HAUTES FRÉQUENCES
VARIABLES

*Travail du laboratoire central de radiologie de l'Hôpital Lariboisière
(D^r GUILBERT)*

Président : M. CUNÉO, Professeur

PARIS

AMÉDÉE LEGRAND, ÉDITEUR

93, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, 93

1934

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

ANNÉE 1934

THÈSE

N° —

POUR

LE DOCTORAT EN MÉDECINE

(Diplôme d'État)

PAR

Henri FRAPPIER

Externs des Hôpitaux de Nantes
Né à Luçon (Vendée), le 29 Mars 1903

ESSAI D'ÉLECTRO-DIAGNOSTIC
PAR L'EMPLOI DES
COURANTS ALTERNATIFS A HAUTES FRÉQUENCES
VARIABLES

*Travail du laboratoire central de radiologie de l'Hôpital Lariboisière
(D^r GUILBERT)*

Président : M. CUNÉO, Professeur

PARIS
AMÉDÉE LEGRAND, ÉDITEUR
93, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, 93

1934

I. — PROFESSEURS

	MM.
Anatomie	ROUVIÈRE.
Anatomie médico-chirurgicale et chirurgie expérimentale	N...
Physiologie	BINET.
Physique médicale	STROHL.
Chimie médicale	DESGREZ.
Bactériologie	DEBRÉ.
Parasitologie et histoire naturelle médicale	BRUMPT.
Pathologie et thérapeutique générales	BAUDOUIN.
Pathologie médicale	CLERC.
Pathologie chirurgicale	MARION.
Anatomie pathologique	ROUSSY.
Histologie	CHAMPY.
Pharmacologie et matière médicale	TIFFENEAU.
Thérapeutique	LOEPER.
Hygiène et médecine préventive	TANON.
Médecine légale	BALTHAZARD.
Histoire de la médecine et de la chirurgie	LAIGNEL-LAVASTINE.
Pathologie expérimentale et comparée	FIESSINGER.
Hydrologie thérapeutique et climatologie	M. VILLARET.
Clinique médicale	{ CARNOT.
	{ BEZANÇON.
	{ ACHARD.
	{ Marcel LABBÉ.
Hygiène et clinique de la première enfance	{ LEREBoullet.
Clinique des maladies des enfants	{ NOBÉCOURT.
Clinique des maladies mentales et des maladies de l'encéphale	{ H. CLAUDE.
Clinique des maladies cutanées et syphilitiques	{ GOUGEROT.
Clinique des maladies du système nerveux	{ GUILLAIN.
Clinique des maladies infectieuses	{ LEMIERRE.
	{ LENORMANT.
Clinique chirurgicale	{ CUNÉO.
	{ GRÉGOIRE.
	{ GOSSET.
Clinique ophtalmologique	{ TERRIEN.
Clinique urologique	{ LEGUEU.
	{ COUVELAIRE.
Clinique d'accouchements	{ BRINDEAU.
	{ JEANNIN.
Clinique gynécologique	{ J.-L. FAURE.
Clinique chirurgicale infantile et orthopédie	{ OMBRÉDANNE.
Clinique thérapeutique médicale	{ RATHERY.
Clinique oto-rhino-laryngologique	{ LEMAITRE.
Clinique thérapeutique chirurgicale	{ Pierre DUVAL.
Clinique propédeutique	{ SERGENT.
Clinique de la tuberculose	{ Léon BERNARD.
Clinique chirurgicale orthopédique de l'adulte	{ MATHIEU.
	{ HOVELACQUE.
Professeurs sans chaire	{ MAUCLAIRE.
	{ MULON.
	{ VERNE.



II. — AGRÉGÉS EN EXERCICE

MM.

ALAJOUANINE . Neurologie et Psychiatrie.
 AUBERTIN Pathologie médicale.
 BÉNARD (Henri). Pathologie médicale.
 BROCC..... Pathologie chirurgicale.
 BRULÉ Pathologie médicale.
 BUSQUET..... Pharmacologie.
 CADENAT..... Pathologie chirurgicale.
 CATHALA..... Pathologie médicale.
 CHABROL..... Pathologie médicale.
 CHAILLEY-BERT Physiologie.
 CHEVALLIER... Pathologie médicale.
 DOGNON..... Physique.
 DONZELOT Pathologie médicale.
 ÉCALLE Obstétrique.
 FEY Urologie.
 GASTINEL Bactériologie.
 GATELLIER Pathologie chirurgicale.
 DE GAUDART D'ALLAINES. Pathologie
 chirurgicale.
 GIROUD Histologie.
 HALPHEN Oto-rhino-laryngologie.
 HARVIER..... Pathologie médicale.
 HAZARD..... Pharmacologie.
 HUGUENIN Anatomie pathologique.
 N... Pathologie médicale.
 JOANNON Hygiène.

MM.

LABBÉ (Henri) .. Chimie biologique.
 LAROCHE (Guy). Pathologie médicale.
 LEVEUF Pathologie chirurgicale.
 LÉVY-VALENSI. Neuro-psychiatrie.
 LIAN Pathologie médicale.
 MONDOR Pathologie chirurgicale.
 MOREAU Pathologie médicale.
 MOULONGUET.. Pathologie chirurgicale.
 MOURE Pathologie chirurgicale.
 OBERLING..... Anatomie pathologique.
 OLIVIER..... Anatomie.
 PIÉDELIEVRE .. Médecine légale.
 PORTES Obstétrique.
 QUÉNU Pathologie chirurgicale.
 RICHTER Fils Physiologie.
 SANNIE..... Chimie biologique.
 SÉZARY Dermatologie et syphili-
 graphie.
 TROISIER Pathologie expérimentale
 et comparée.
 VALLERY-RADOT
 (Pasteur)..... Pathologie médicale.
 VAUDESCAL Obstétrique.
 VELTER Ophthalmologie.
 VIGNES..... Obstétrique.

III. — AGRÉGÉS RAPPELÉS A L'EXERCICE

pour le service des examens

MM.

LEQUEUX Obstétrique.
 LEROUX..... Anatomie pathologique.
 NEVEU-LEMAIRE Parasitologie.

MM.

RETTERER Histologie.
 ZIMMERN..... Physique.

IV. — AGRÉGÉS CHARGÉS DU COURS DE CLINIQUE ANNEXE

à titre permanent

MM.		MM.	
ABRAMI	Clinique médicale.	MOCQUOT....	Clinique chirurgicale.
CHIRAY	Clinique médicale.	PROUST	Clinique chirurgicale.
N... ..	Clinique médicale.	SCHWARTZ....	Clinique chirurgicale.
DUVOIR	Clinique médicale.	LE LORIER... ..	Clinique obstétricale.
BASSET	Clinique chirurgicale.	LÉVY-SOLAL... ..	Clinique obstétricale.
CHEVASSU	Clinique chirurgicale.	METZGER.....	Clinique obstétricale.
HEITZ-BOYER ...	Clinique chirurgicale.	GUÉNIOT	Clinique obstétricale.

V. — CHARGÉS DE COURS

MM. MAUCLAIRE, professeur sans chaire	{	Chargé du cours de chirurgie orthopédique chez l'adulte pour les accidentés du travail, les mutilés de guerre et les infirmes adultes.
FREY		Stomatologie.
CHAILLEY-BERT, agrégé ...		Education physique.
LEDoux-LEBARD		Radiologie clinique.
WEIL-HALLÉ		Puériculture.

Par délibération en date du 9 décembre 1798, l'École a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui seront présentées, doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elle n'entend leur donner aucune approbation ni improbation.

A LA MÉMOIRE DE MON PÈRE
MONSIEUR LE DOCTEUR ANSELME FRAPPIER

A MA MÈRE

*Très humble hommage de piété
filiale.*

A LA MÉMOIRE DE MON GRAND-PÈRE
MONSIEUR LE DOCTEUR LOUIS-AUGUSTIN FRAPPIER

A LA MÉMOIRE DE MES GRANDS-PARENTS

A MA GRAND'MÈRE

*Qui fit tant pour nous. Témoi-
gnage de ma gratitude.*

A MON ONCLE ET A MA TANTE HÉRAUD

*Hommage de ma plus profonde
reconnaissance.*

A MES COUSINS ET COUSINES

Particulièrement à

MONSIEUR LE DOCTEUR HENRI FRAPPIER

MONSIEUR LE DOCTEUR GEORGES HÉRAUD

MONSIEUR LE DOCTEUR EUGÈNE HÉRAUD

*Dont les conseils éclairés me furent
si précieux. En témoignage de ma
gratitude pour la bienveillance qu'ils
ont bien voulu me témoigner au
cours de mes études.*

A MES FRÈRES ET A MES SŒURS

MEIS ET AMICIS

A MONSIEUR LE DOCTEUR AMIOT

Assistant d'électroradiologie des hôpitaux de Paris

*En le remerciant des conseils et
de l'aide qu'il m'apporta dans la
rédaction de cette thèse.*

A MES MAITRES
DE L'INSTITUTION RICHELIEU

A MES MAITRES DU LYCÉE CLÉMENCEAU

A MES MAITRES DE L'ÉCOLE NATIONALE
D'AGRICULTURE DE RENNES

A MES MAITRES
DE L'ÉCOLE DE MÉDECINE DE NANTES

A MES CAMARADES D'EXTERNAT
ET DE L'ÉCOLE DE MÉDECINE DE NANTES

MEIS ET AMICIS

INTRODUCTION

Depuis la venue de la Chronaxie, nul n'a contesté la valeur de cette méthode. Grâce à elle en effet, l'électrologiste peut fournir des renseignements précieux sur l'évolution et le pronostic des lésions nerveuses, cela du fait même que, mesurant un temps, elle est traduite par un ordre de grandeur chiffré.

Mais la recherche de la chronaxie quelques soient les méthodes employées actuellement, implique d'une part des manœuvres compliquées et d'autre part des connaissances relativement étendues en physique et en physiologie.

Ces inconvénients rendent la pratique de cet examen très difficile aux électrologistes. Aussi, l'emploi des courants de hautes fréquences variables, pour la recherche de l'excitabilité musculaire (dont les rapports avec la chronaxie sont encore mal précisés, mais à peu près certaines actuellement), nous a paru une méthode d'application clinique facile. Sans avoir la prétention de supplanter la chronaxie, nous pensons qu'elle est susceptible de fournir des renseignements d'ordre pratique d'un grand intérêt.

C'est cette nouvelle méthode que nous nous proposons de mettre en valeur au cours de notre exposé en nous efforçant par la même de prouver que les

résultats obtenus sont par bien des points supérieurs à ceux donnés par l'électro-diagnostic classique tel qu'il est pratiqué aujourd'hui.

Bien entendu, les conclusions auxquelles nous aboutirons grâce à ces deux moyens d'investigation, devront toujours être confrontées avec l'examen clinique. Aussi, l'électrothérapeute devra bien connaître cliniquement son malade, afin de pouvoir donner aux réactions observées, leur maximum de valeur et une interprétation aussi exacte que possible.

Nous diviserons notre traité en trois parties bien distinctes :

Dans la première nous exposerons brièvement ce qu'est la chronaxie en insistant particulièrement sur les avantages de ses résultats et les inconvénients de sa pratique.

Notre seconde partie traitera d'une méthode de mesure de l'excitabilité des muscles par l'emploi des courants alternatifs à hautes fréquences variables, et nous tenterons de mettre en évidence la valeur de ses résultats et ses avantages pratiques.

La troisième enfin nous permettra de tirer de ce modeste exposé des conclusions tendant à montrer d'une part l'utilité de l'emploi des courants alternatifs à hautes fréquences variables pour l'électro-diagnostic, et d'autre part que la recherche des rapports entre la chronaxie et les mesures fournies par les méthodes précédentes est d'un grand intérêt quoique nous n'ayons pas osé aborder ce parallèle.

PREMIÈRE PARTIE

HISTORIQUE SUCCINCT DE LA CHRONAXIE

Lois d'Hoorweeg et Weiss. Travaux de Lapicque
Résultats de la mise au point de la chronaxie par
M. le Docteur Bourguignon

Ce fut dès la découverte de l'électricité que les expérimentateurs découvrirent sur eux-mêmes les effets produits par la décharge des machines électriques : le courant déterminait des contractions ou causait des sensations diverses suivant qu'il tombait sur tel ou tel point de l'organisme.

Depuis les chercheurs n'ont cessé de s'intéresser à ces phénomènes et d'en déduire des conséquences pratiques. Le premier DUBOIS RAYMOND en 1848, aboutit à cette loi (reconnue fausse depuis) : le temps de passage du courant ne joue aucun rôle dans l'excitation musculaire dont la seule cause est la rapidité de variation de l'intensité. FICK en 1863, puis ENGELMANN en 1878, tentèrent de prouver que la loi précédente était fausse. Et ce fut en 1865 qu'HOOERWEEG, grâce aux travaux du professeur d'ARSONVAL, et en 1901 que WEISS, grâce à son

nouveau montage, purent démontrer indubitablement qu'« à mesure que la durée du passage du courant augmente, l'intensité ou le voltage nécessaire pour obtenir le seuil de la contraction diminue jusqu'à une certaine valeur qui ne varie plus, quoique l'on continue à augmenter la durée de passage du courant ».

Selon l'expression de M. le Professeur BOURGUIGNON, on en était arrivé à ce fait : « *Pour les durées de passage du courant plus courtes qu'une certaine durée limite, le temps du passage du courant intervient dans l'excitation ; pour les courants de durée plus longue que cette limite le temps n'intervient pas et la loi Dubois Raymond est exacte.* »

Rappelons les lois d'HOORWEEG et WEISS :

a) Le voltage de charge diminue à mesure qu'on augmente la durée de décharge jusqu'à une certaine valeur à partir de laquelle le voltage reste le même quelle que soit la capacité employée.

b) Quand les excitations électriques ont la même durée, il faut pour obtenir le seuil de l'excitation mettre en jeu la même quantité d'électricité.

c) Quand pour déduire une réponse minima, on porte une excitation électrique sur un nerf ou sur un muscle tout se passe comme si cette excitation doit mettre en jeu une quantité d'électricité constante plus une quantité proportionnelle à la décharge.

Ce fut en 1903 que reprenant les expériences de ses prédécesseurs et en étudiant les limites qui séparent les longues durées de passage du courant, pour

lesquelles le temps ne joue pas de rôle, des courtes durées pour lesquelles le temps joue un rôle dans l'excitation ; que M. et M^{me} LAPICQUE énoncèrent que « le temps intervient d'une façon particulière pour chaque muscle ».

Appelant « RHÉOBASE » la plus faible intensité pouvant réagir, en courant continu une préparation nerf-muscle, (cela pour une durée de passage du courant correspondant à la quantité d'électricité dépassant à coup sûr la quantité minima nécessaire d'excitation (1), il donna le nom de « chronaxie » au temps nécessaire au passage du courant pour faire réagir cette même préparation quand il doublait la tension utilisée pour la recherche de la rhéobase.

Ainsi la chronaxie en caractérisant l'excitabilité, est seulement un temps mesuré en fonction d'une intensité (2).

Les travaux de M. de Professeur LAPICQUE ont abouti aux lois suivantes :

1^o La chronaxie mesure l'excitabilité et ne varie pas avec les conditions expérimentales.

1^o Elle classe les muscles avec plus de précision que la durée de leur contraction.

3^o Elle varie dans le même sens que le temps perdu.

(1) Seuil classique en courant continu, ou « caractéristique d'excitabilité de CLUZET ».

(2) Pratiquement les courants brefs ne permettant pas une lecture facile de l'intensité on a substitué à celle-ci le voltage. WEISS surajoutant une forte résistance sans self à celle de l'organisme, la résistance et la polarisation des tissus deviennent négligeables et les intensités deviennent pratiquement proportionnelles aux voltages.

4^o Elle est en relation avec le rythme du tétanos.

5^o Elle varie en sens de l'influx nerveux.

6^o Un muscle et son nerf moteur ont la même chronaxie (loi de l'isochronisme du muscle et du nerf moteur).

La mise au point définitive de l'étude de la chronaxie est due à M. le Docteur BOURGUIGNON.

Ce dernier quoiqu'il ait contrôlé que tous les appareils en usage étaient excellents (1), et qu'en principe on pouvait prendre n'importe lequel d'entre eux, a fixé son choix sur la méthode des condensateurs. Il emploie le montage de M. le Professeur LAPICQUE, modifié pour que les résistances soient en concordance avec les conditions spéciales à l'homme : « cependant les condensateurs représentent l'appareil le plus simple à manier et le plus rapide, et le maniement de la décharge au moyen d'une clef permettant de répéter rapidement les excitations et de contrôler la situation de l'électrode comme avec le courant galvanique, les condensateurs constituent, à mon avis, l'appareil le plus simple et de choix pour les mesures de chronaxie courantes. »

Voici en quelques mots le principe de sa méthode : on place le sujet à examiner en série avec une résistance de 10.000 ohms. (qu'on peut d'ailleurs abaisser à 6.000), L'autre branche du circuit est de 10.000 ohms. La résistance totale est sensiblement

(1) Pour mesurer la chronaxie chez l'homme on a jusqu'à présent surtout usé de deux appareils principaux : l'egersimètre de Strohl et l'appareil de Bourguignon.

constante quel que soit le sujet. On cherche le voltage rhéobasique par une brusque fermeture du courant continu, puis la capacité liminaire avec le double de ce voltage. Cette capacité correspond à la chronaxie.

Examinons maintenant la valeur des deux méthodes d'électro-diagnostic et de chronaxie.

Permettant au clinicien de classer les muscles et les nerfs dans de vastes catégories, la valeur de l'électro-diagnostic se révèle par les indications fournies pour le diagnostic, le pronostic, et le traitement. Mais la recherche de la chronaxie, ajoutant une très grande précision à l'étude de chacune de ces catégories, M. le Docteur BOURGUIGNON a montré que le diagnostic acquiert ainsi plus de précision et de certitude parce que l'association de l'étude de la clinique et de la chronaxie « constitue une véritable méthode de recoupement qui transforme les probabilités en certitudes ».

Les chiffres que la chronaxie fournit pour les réactions de dégénérescence sont des chiffres toujours exacts, cela même en dehors des cas extrêmes d'hyper et d'hypoexcitabilité, l'examen pouvant être effectué en un ou plusieurs temps par un ou plusieurs observateurs.

Elle permet ainsi de suivre l'évolution ou la régression de la maladie, le clinicien pouvant même pour chaque muscle ou groupe musculaire instituer un véritable graphique comparable à celui donné par une courbe thermométrique.

Enfin la précision de cette méthode permet même lorsque l'affection paraît cliniquement guérie, de noter dans quelle mesure exacte la contractibilité musculaire n'est pas revenue à la normale.

Les lois générales tirées de cette étude de la chronaxie chez l'homme sain et malade permettent de décrire un certain nombre de syndromes chronaxiques qui sont un guide précieux non seulement dans le diagnostic mais aussi dans le pronostic et dans les indications thérapeutiques des maladies nerveuses.

Mais cette mesure de la chronaxie qui théoriquement paraît simple devient en réalité une méthode très délicate exigeant pour son emploi une grande expérience et une longue pratique. Sans de nombreuses précautions et sans une technique parfaite, l'électrologiste risque de faire perdre à la méthode le bénéfice de la précision dont elle tire toute sa supériorité.

Si la polarisation des tissus, le glissement de la peau sur les plans profonds et par la suite le déplacement de l'électrode, sont des inconvénients communs à tout examen d'électro-diagnostic, il faut aussi dire que ces règles sont encore plus strictes dans la recherche de la chronaxie. De plus la variation de la rhéobase avec les différents muscles (elle peut dépasser la moitié du voltage total dont on dispose ordinairement), et le fait qu'un même muscle peut renfermer des éléments de chronaxie différentes obligent à faire toute une série de calculs en tenant compte des lois d'HOORWEG et de WEISS.

L'appareillage est compliqué et la recherche de la chronaxie pour un seul muscle demande un certain laps de temps.

M. le Professeur BOURGUIGNON lui-même insiste beaucoup sur la technique de sa méthode « non seulement pour bien faire comprendre ce qu'est la mesure de la chronaxie, mais encore pour en faire ressortir les difficultés et montrer qu'il est nécessaire d'avoir l'habitude des mesures précises de laboratoire pour faire utilement des mesures de chronaxie ».

La difficulté de cette recherche clinique et certaines remarques sur le mode d'action physiologique des courants de hautes fréquences variables amenèrent à penser que le procédé d'application clinique très facile de ces courants pouvait, par les résultats obtenus, fournir une méthode d'électro-diagnostic, supérieure aux méthodes classiques par sa précision et sa rapidité, sans toutefois, bien entendu, remplacer ou supplanter les incomparables résultats de la chronaxie.

C'est la description de cette méthode qui doit faire l'objet de notre second chapitre.

DEUXIÈME PARTIE

ÉLECTRO-DIAGNOSTIC PAR LES COURANTS ALTERNATIFS A HAUTES FREQUENCE VARIABLES

M. le Docteur AMIOT en étudiant le mode d'action physiologique de la haute fréquence fût frappé du fait que sur les postes à lampes, il était possible à n'importe quel moment de fermer ou d'ouvrir le circuit du patient ceci sans provoquer la moindre réaction, alors que l'intensité circulant atteignait deux ou trois ampères.

Pour expliquer cette inexcitabilité, certains auteurs ont soutenu que c'était la nature alternative même du courant qui était en jeu, une demi-période détruisant l'action de la demi-période précédente avant que celle-ci n'ait eu le temps de manifester son effet. Cette explication semblant par trop simpliste, on pouvait se demander si le mécanisme n'était pas autre. En effet, en réfléchissant au problème, on pouvait supposer que, par exemple, puisque le courant alternatif du secteur à 42 périodes produit de violentes manifestations, alors qu'un courant de un million de périodes n'en produit aucune, la cause

de ce phénomène devait dépendre de la fréquence même.

Le professeur d'ARSONVAL avait déjà noté que cette absence de réaction aux courants de haute fréquence devait être due à ce fait qu'au-delà d'une certaine limite l'excitabilité devenait nulle. Ainsi l'augmentation ou la diminution de la fréquence devait obligatoirement amener à franchir la zone de passage où les phénomènes d'excitation neuromusculaire prendrait une netteté spéciale.

M. le docteur AMIOT a pu montrer que cette zone existait bien et ses résultats l'amenèrent à poursuivre ses recherches, non plus seulement pour vérifier le mécanisme de la diathermie, mais encore pour l'utiliser en électrologie à titre d'une nouvelle méthode d'exploration.

Dans l'étude des lésions nerveuses, la substitution de la méthode de la secousse musculaire unique(1), si difficile à apprécier, par celle d'un train de secousses serait *par sa grossièreté même*, d'une technique infiniment plus aisée. L'excitation par les courants de hautes fréquences variables répond justement à ces desideratas, mais, bien entendu, ne donne pas la si grande précision de l'électro-diagnostic classique.

Il fallait pour cela construire un appareil donnant des ondes purement sinusoïdales (donc sous harmoniques) et rigoureusement entretenues ? Par conséquent dont l'alimentation plaque fût faite en

(1) Méthode basée sur l'interruption d'un courant continu soit ou la décharge d'un condensateur.

courant galvanique et dont la fréquence puisse varier d'une manière continue dans le rapport d'au moins 1 à 10. Il fallait amener l'énergie ainsi produite sans amener de troubles fonctionnels dans le fonctionnement de l'appareil, et cette condition, déjà source de difficultés pour la T. S. F., dont la fréquence est fixe, devenait un obstacle considérable à la réalisation.

Grâce aux progrès réalisés dans le domaine de la haute fréquence depuis l'apparition de la lampe à 3 électrodes et à l'aimable collaboration des Établissements CHENAILLE, l'expérimentation fut rendue possible. Elle a montré que les fréquences utiles étaient comprises, chez l'individu sensiblement normal, entre 20.000 et 200.000 périodes-secondes.

Cet appareil, appelé croyons-nous à un certain avenir, peut donner :

1^o Les courants *galvaniques* ; une clé de Courtade pour l'électro-diagnostic permet la recherche du point moteur et du seuil en courant continu (rhéobase).

2^o Les courants *alternatifs de hautes fréquences variables*.

Il indique directement la durée d'une période de haute fréquence en *millionième* de seconde. Cette unité de mesure utilisée se justifie par les considérations suivantes.

La fréquence peut se caractériser de différentes manières :

a) Longueur d'onde exprimée en mètres repré-

santent le trajet parcouru pendant la durée d'une oscillation complète !

b) Fréquence exprimée en kilocycles, représentant le nombre de périodes par seconde ;

c) Durée d'une période exprimée en fraction de seconde. On a choisi comme unité cette mesure de la période, évaluée en millionième de seconde, soit le microseconde. Pour des commodités d'expression, nous l'avons préféré au millième de seconde, habituellement employé en chronaxie humaine, et qui nécessite des lectures de fraction d'unité.

La correspondance entre ces différentes unités est facile au moyen des formules suivantes :

$$a) \text{ Fréquence : } F = \frac{l}{T} = \frac{300.000}{\lambda} ;$$

$$b) \text{ Temps : } T = \frac{l}{F} = \frac{\lambda}{300.000} ;$$

$$c) \text{ Longueur d'onde : } \lambda = \frac{300.000}{F} = T \cdot 300.000.$$

Lors de leur première communication, les auteurs avaient présenté un essai d'explication théorique. Il nous semble qu'actuellement tant à la suite d'expérimentations personnelles que d'après ce que nous ont dit les auteurs eux-mêmes, il vaille mieux ne pas discuter ici cette question complexe puisqu'elle tombe dans le domaine de la *physiologie même* de la contraction par les courants alternatifs.

Notons seulement que l'excitation n'est pas obtenue seulement par une seule onde du courant utilisé

(communication de M. le Dr. HUMBERT), et que la sommation intervient à coup sûr dans le phénomène, (sommation se faisant extrêmement rapidement, mais qu'il ne faut pas perdre de vue puisqu'elle exige une durée minimum du passage du courant de haute fréquence pour l'obtention d'un résultat constant).

Lorsqu'on trace la courbe avec en ordonnée les intensités et en abscisse les fréquences la loi d'excitation par courants alternatifs apparaît être une hyperbole qui représente une asymptote pour un temps limite, c'est-à-dire que pour ce temps il est nécessaire de faire passer une intensité infinie. Ceci n'est pas vérifiable expérimentalement, mais nous paraît probable étant donnée la régularité de la courbe de l'extrapolation facile.

Technique générale d'exploration

De par la nature des courants utilisés, *deux variables*, celle de l'intensité et celle de la fréquence ou temps, et leur rapports réciproques, sont à caractériser. Voici les expériences préliminaires faites dans ce but par les auteurs :

1^o *Intensité fixe, fréquence variable*, (long supinateur). — Pour une intensité arbitrairement fixée à 60 milliampères la variation de la fréquence de 7,3 à 10,3 microsecondes n'amène aucune réaction. A partir de 10,3 microsecondes la secousse musculaire

apparaît nettement. Pour toutes les valeurs au delà, elle persiste devenant de plus en plus forte.

2^o *Fréquence fixe, intensité variable*, (long supinateur). — Pour une fréquence fixée arbitrairement à 10,3 microsecondes, la variation de 1 milliampère à 10 milliampères n'entraîne aucune réaction ; par contre à partir de 30 milliampères, la secousse apparaît nettement et devient de plus en plus forte, cela pour toutes les valeurs d'intensité au delà.

De cette double expérience, il résulte qu'intensité et fréquence sont bien deux variables ; prise isolément, aucune d'entre elles n'est caractéristique. — Reste donc à préciser leurs rapports.

3^o *Fréquence et intensité variables.* — A) Détermination du seuil de la fréquence pour une intensité assez élevée, prise arbitrairement, par exemple entre 70 et 100 milliampères.

B) Ce seuil de fréquence obtenu, recherche du seuil d'intensité correspondant.

C) Dès lors augmentation progressive des fréquences, avec recherches, pour chaque fréquence choisie, de l'intensité minima correspondante.

Voici quelques résultats obtenus avec cet appareil sur quelques muscles. Nous donnerons les recherches du Docteur AMIOT pour le long supinateur et ce que nous-mêmes avons obtenu pour différents muscles du pouce : court fléchisseur, court abducteur, opposant, et fléchisseur.

Il résulte de ces courbes que celles-ci se rapprochent des hyperboles équilatères ; leur partie supérieure et leur partie inférieure tendent à devenir asymptotiques.

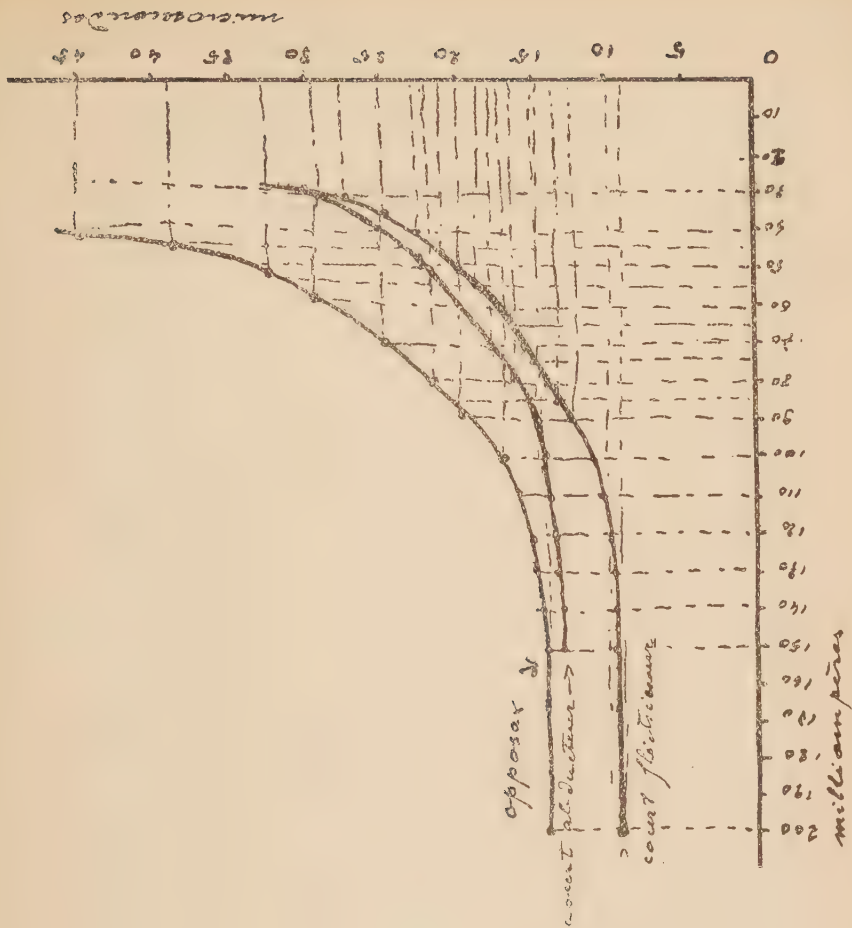
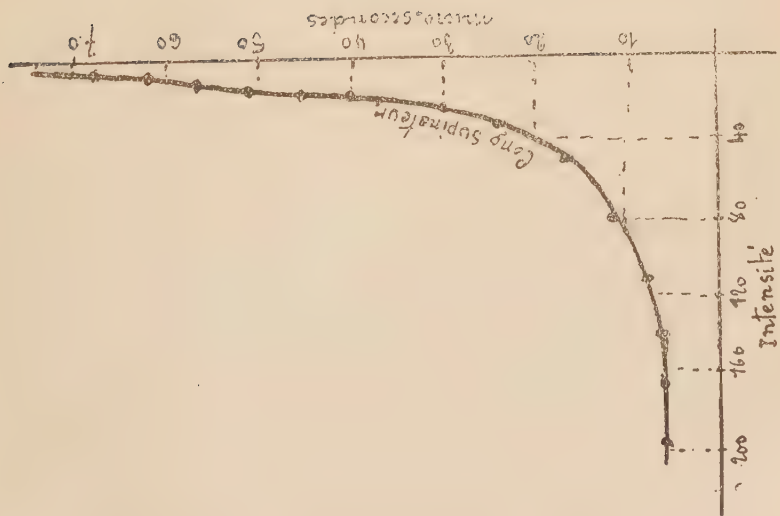
L'asymptote supérieure est particulièrement nette ; elle traduit à l'évidence que, au delà d'une certaine fréquence, quelque soit la grandeur de l'intensité utilisée, aucune secousse musculaire ne se produit. Le phénomène étant particulièrement net et facile à mettre en évidence, c'est cette zone qui est actuellement choisie comme repère de mesure.

Il résulte de ces deux courbes et de celles qui ont

été effectuées sur des muscles divers, que cette zone a toujours paru particulièrement nette.

	Court fléchisseur	Court abducteur	Opposant	Fléchisseur
Milliampères	Micro-secondes			
200		9	14	
150	13	9,5	14	18,5
140	13	9,5	14,5	19
130	13,5	9,5	15	18,5
120	13,5	10	15	18
110	14	10,5	16	18,5
100	14	11	17	21
90	15	12,5	20	23
85	15	13		24,5
80	16,5	14	21,5	28
75		15		
70	18	15,5	25	
65		16		
60	20	17	30	
55		18		
50	21,5	20	35	
45		21	39	
40	25	22,5	45	
35	26	25		
30	27,5	25,5		
25				

Partant de ces données, on a choisi comme point électif de la courbe obtenue, celui correspondant l'asymptote supérieure. C'est ce point que nous utilisons comme base de nos mesures comparatives. Nous verrons d'ailleurs par la suite une méthode



différente pour ces mesures et nous discuterons leurs rapports

Au sujet des électrodes Technique opératoire

Nous avons recherché l'exploration monopolaire (électrode indifférente rachidienne) et l'exploration bipolaire. Pour la première nous avons employé une électrode active mesurant respectivement 1 cm², 2 cm², 5 cm². L'exploration bipolaire a été faite avec électrodes de 1 cm² de surface et 1 cm d'écartement.

Les résultats sont les suivants :

	1° MONOPOLAIRE						2° BIPOLAIRE	
	1 cm ²		3 cm ²		5 cm ²		1 cm ²	
	milli	μ.μ.	milli	μ.μ.	milli	μ.μ.	milli	μ.μ.
Long supinateur	80	15,0	85	27,0	75	36,0	75	16,0
	65	16,8	65	36,0	60	42,0	60	42,0
	55	18,5	50	42,0	50	47,0	45	24,6
	32	24,6	45	47,0	40	53,0	35	31,3
	18	30,3	40	50,0				

Les chiffres obtenus traduisent l'importance technique de la surface de l'électrode utilisée : les résultats obtenus pour différents muscles ne peuvent être donc comparables que si l'électrode utilisée est identique à elle-même.

En général on prend pour des raisons de commodité technique l'électrode de 1 cm² de surface.

Les chiffres obtenus en monopolaire et en bipolaire pour des électrodes de surfaces identiques sont sensiblement voisins.

L'exploration en bipolaire est nettement plus douloureuse que l'exploration en monopolaire ; pour certains muscles (jumeaux notamment) elle est franchement intolérable ; de technique facile pour des muscles grêles et superficiels, elle est, au contraire, des plus délicates pour les muscles charnus et profonds.

C'est pour cette raison qu'il faut préférer l'exploration en monopolaire. D'ailleurs, à la vérité tous les modes d'exploration peuvent et doivent être employés suivant les circonstances.

L'examen des courbes montre que celles-ci peuvent être décalées les unes par rapport aux autres tant leur partie asymptotique supérieure que dans celle inférieure. Dans ces conditions le rapport entre deux points de ces courbes, suffisamment distants pour fournir un chiffre nettement différents, suffit à en caractériser l'allure. Pour plus de facilité expérimentale et clinique, on peut, par exemple, prendre un point dans la région asymptotique supérieure, au-dessus de 100 millis et une deuxième dans la région minima vers 50 millis et faire le rapport entre ces deux points Ce rapport pourra être appelé la constante d'excitabilité du muscle excité par le courant alternatif.

Certaines remarques ont été formulées quand aux résultats obtenus par cette nouvelle méthode d'examen. Aussi, croyons-nous devoir essayer de justifier ce nouveau moyen d'électro-diagnostic sur les points qui ont été mis en doute.

Au point de vue expérimental, on a dit que le seuil donné par l'appareil était un seuil grossier, que le rôle joué par la surface des électrodes était très nuisible, que l'existence de l'asymptote sur laquelle la méthode était basée, n'était pas démontrée, l'échelle de l'appareil étant insuffisante.

Or l'appareil étant donné sa sensibilité, peut donner des seuils aussi fins qu'on le désire et notons que les *seuils gros* sont peu erronés. D'ailleurs, nous avons justement voulu chercher des seuils *grossiers* estimant qu'ils étaient suffisants pour la clinique pratique, *l'opérateur devant pour des dissociations subtiles avoir recours à la chronaxie classique de M. BOURGUIGNON*, nécessité qui n'est pas courante.

Le rôle joué par la surface des électrodes est exact et pratiquement incontestable, mais il existe aussi dans la recherche de la chronaxie et y est éliminé par suite de la méthode de recherche elle-même (rapport entre deux mesures). Nous pouvons l'éviter de même puisque rien ne nous empêche comme dans les méthodes de mesures de la chronaxie de faire un rapport. C'est ce qui justifie l'emploi de la méthode de mesure particulière que nous avons signalé précédemment, et ainsi, l'erreur est tellement diminuée qu'elle n'existe pratiquement plus.

A l'heure actuelle les appareils utilisés permettent d'atteindre et même de dépasser 250 à 300 millis par cm^2 . Dans ces conditions on atteint la limite de tolérance calorifique des tissus sous l'électrode. Il est alors possible qu'au delà la courbe ne soit pas asymptotique, mais chez l'être humain l'excitation devient alors certainement nulle, puisqu'il y a destruction de l'élément sensible.

Tant qu'à la limite d'emploi de l'appareil il est évident que la gamme paraît beaucoup plus limitée. La sensibilité de la méthode est telle que lorsque on arrive aux limites actuellement employées, on rejoint le courant faradique au point de vue de la durée des périodes et pour cette raison même on ne doit plus chercher à utiliser des courants de hautes fréquences variables en temps que méthode originale.

A l'heure actuelle tant des expériences faites par MM. AMIOT et HUMBERT que d'autres concordantes qui leur ont été communiquées par M. GONDET et qui acquièrent une valeur cruciale, la question ne peut plus se poser et les conclusions auxquelles étaient arrivés MM. AMIOT et BIZE, sont confirmées par les expériences dont nous venons de parler et qui démontrent l'existence et l'effet de sommation.

CONCLUSIONS

La réalisation simple des conceptions que nous venons d'exposer facilite à notre avis l'étude clinique des lésions nerveuses. En effet, dans la pratique, d'une part l'examen de l'excitabilité musculaire ne demande pas à être poussé au summum de la perfection, d'autre part, autant qu'il se peut, et pour le malade et pour le clinicien, s'il faut pouvoir faire un examen le plus complet possible, il faut aussi le faire dans un temps relativement court, sans que la patience de l'une et de l'autre ne soit soumise à une trop longue épreuve.

Bien entendu, cette méthode d'électro-diagnostic n'a nullement l'intention de supplanter la chronaxie, cela d'autant que les courants employés sont électriquement différents. Il faut dire que, vus les résultats obtenus, « si dans l'ensemble les valeurs trouvées présentent des analogies, elles ne sont cependant pas absolument identiques ».

Cette étude de l'excitabilité neuro-musculaire par les courants de hautes fréquences variables, employée comme moyen de diagnostic a, croyons nous, les avantages de donner des résultats beaucoup plus complets que ceux fournis par l'électro-diagnostic

classique, sans que son étude soit plus compliquée. Puisqu'il est en effet possible d'obtenir une caractéristique d'excitabilité par les courants de hautes fréquences pour chaque muscle ou nerf, celle-ci nous renseignera sur chacun d'eux autant quantitativement que qualitativement.

Vu :
Le Doyen,
G. ROUSSY

Vu :
Le Président,
CUNÉO

VU ET PERMIS D'IMPRIMER
Le Recteur de l'Académie de Paris
CHARLÉTY

BIBLIOGRAPHIE

- LAPICQUE. — L'excitabilité en fonction du temps, *Presses universitaires de France*, Paris, 1926.
- BOURGUIGNON. — Technique de la mesure de la chronaxie chez l'homme, *Journal médical français*, sept, 1931.
- AMIOT, BIZE et COUDERT. — Contribution à l'étude d'une nouvelle méthode d'électrologie par l'emploi des courants alternatifs à hautes fréquences variables, *Bulletin de la société française d'électrothérapie et de radiologie*, juin 1931.
- AMIOT et BIZE. — Etude de la courbe d'excitation musculaire obtenue par l'emploi des courants alternatifs à fréquence variable mai, 1931.
- HUMBERT AMIOT et BIZE. — A propos de l'excitation musculaire par les courants alternatifs à fréquence variable, juin, 1931.
- AMIOT, BIZE, COUDERT et HUMBERT. — Quelques précisions sur l'excitabilité par les courants alternatifs, nov. et déc. 1931.
- CHENAILLE. — A propos de l'oscillateur neuro-musculaire, déc. 1931.
- AMIOT. — Sur une propriété des courants de haute fréquence variable, oct. 1932.
- BOURGUIGNON. — Rôle de la chronaxie dans le système nerveux *Journal de radiologie et d'électrothérapie*, mars, 1933.
- BOURGUIGNON. — Les chronaxies sensitives nerveuses et cutanée. Interprétations des sensibilités thermiques et douloureuses à l'aide des chronaxies sensitives normales et de leurs variations dans la dissociation syringomyélique de la sensibilité, *Société française d'électrothérapie et de radiologie*, oct. 1933.

Imprimerie R. BUSSIÈRE. — St-Amand (Cher). -- 5-2-1934
